

PATRONES DE DESECACIÓN DE BRINZALES DE *PINUS HALEPENSIS* CULTIVADOS EN DIFERENTES TIPOS DE CONTENEDORES: IMPLICACIONES PARA EL AVIVERAMIENTO Y EL RIEGO

Dessication patterns of *Pinus halepensis* seedlings grown in different types of containers

P. Villar-Salvador, J.L. Peñuelas Rubira y J. Vallas Cuesta

Centro Nacional de Mejora Forestal "El Serranillo". D.G. Biodiversidad. Ministerio de Medio Ambiente. Apdo. 249. 19004-GUADALAJARA (España). Correo electrónico: pvsalvador@dgc.nmma.es

Resumen

Los objetivos del trabajo son 1) conocer la influencia del tipo de contenedor en la velocidad y el patrón de desecación de los brinzales de *Pinus halepensis*, y 2) establecer para diferentes tipos de contenedores las curvas que relacionan el porcentaje de pérdida de peso de agua de las bandejas con el potencial hídrico del cultivo. Los contenedores ensayados han sido Forest Pot 200 y 400, Arnabat 48a y 48c, y Plasnor 200 y 300. Se observó una relación directa entre la evapotranspiración por unidad de superficie de bandeja y por planta y el volumen del contenedor. Ello es debido a que las plantas crecidas en los contenedores de mayor volumen son más grandes que las crecidas en los envases pequeños. Sin embargo, entre contenedores, el estado hídrico de las plantas al final de un ciclo de sequía fue directamente proporcional al volumen del contenedor, dado que en los envases de mayor volumen, la reserva de agua remanente para las plantas es más alta que en los envases de menor volumen. Dentro de cada tipo de contenedor, se observó una relación inversa entre el potencial hídrico al alba (Ψ_{alba}) de los plantones y su tamaño aéreo. En cambio, entre contenedores, la relación fue positiva. Para que el cultivo mantenga un buen estado hídrico ($\Psi_{\text{alba}} > -0,5$ Mpa), el porcentaje de pérdida de peso de las bandejas con respecto a su peso máximo en saturación no debe exceder el 30-35% en Forest Pot y Arnabat (bandejas rígidas), y el 40-45% en los Plasnor (bandejas termoconformadas).

Palabras clave. *Cultivo en vivero, Evapotranspiración, Pesada de contenedor, Pino carrasco*

Abstract

The objectives of this study were 1) to study the influence of the container type on the desiccation patterns of *Pinus halepensis* seedlings, and 2) to establish the curves that relate the tray weight loss with the Aleppo pine crop water potential in several containers types commonly used in Spanish nurseries. Studied containers were FP 200 and 400, Arnabat 48a and 48c, and Plasnor 200 and 300. Larger containers presented a higher evapotranspiration per square meter and per plant than those of smaller volume. This was due to the larger size of the seedlings raised in larger containers rather than due to differences in seedling transpiration. Among containers, plant water status was positively related to container volume at the end of a drought cycle. This was explained by the higher water reser-

ves remaining in larger containers during drought cycles. Within each container type, plant water status was negatively related with shoot size but, among containers, the relationship was positive. To maintain plants well hydrated (predawn water potential $> -0,5$ MPa,) container weight loss should not exceed 30-35% in FP and Arnabat containers and 40-45% in the Plasnor types.

Key words. *Aleppo pine, Container weighing, Irrigation, Nursery cultivation, Sstorage*

INTRODUCCIÓN

El riego es una de las prácticas culturales más importantes del cultivo de las plantas en contenedor. El momento adecuado de riego es una decisión crítica para el crecimiento de la planta y la consecución de un uso eficiente del agua y los fertilizantes. La velocidad de desecación de los cultivos depende de varios factores. Además de los ambientales, dependerá del tipo de sustrato, la especie de planta, el tamaño de los individuos y el volumen del contenedor (LANDIS et al., 1989). Si el sustrato es el mismo, un mayor volumen del contenedor implica una mayor cantidad de agua disponible para las plantas. Sin embargo las plantas producidas en contenedores de mayor volumen suelen ser más grandes (DOMÍNGUEZ LERENA et al., 1997) con lo que el mayor volumen de agua disponible queda compensado por la esperable mayor evapotranspiración. La interrelación entre el volumen del envase, la evapotranspiración del cultivo y el estado hídrico de las plantas no ha sido analizado hasta el momento.

En la inmensa mayoría de los viveros forestales españoles, la toma de la decisión de cuándo regar se efectúa siguiendo criterios subjetivos: es la experiencia del viverista, que al examinar las plantas y el sustrato, la que guía el momento y cantidad de agua a aplicar. No obstante, existen métodos objetivos para la toma de decisiones de riego. En la actualidad se han o se están desarrollando dispositivos electrónicos cada vez más pequeños y eficaces que permiten medir continuamente el estado hídrico del sustrato (LAMBANY et al., 1997). Las principales desventajas de estos dispositivos son su difícil adecuación a los pequeños alvéolos de los contenedores forestales y a su elevado precio, por lo que su aplicación en los viveros forestales españoles resulta difícilmente viable en la actual coyuntura

del sector de la restauración forestal. La medición del estado hídrico de las plantas en el cultivo es otra alternativa para la toma de decisiones objetivas de riego (LANDIS et al., 1989). Sin embargo, requiere que el personal implicado disponga de una cierta preparación y es necesaria una inversión económica para la adquisición de la cámara de Scholander, nada despreciable. Una alternativa a los dos métodos objetivos mencionados es realizar pesadas periódicas de las bandejas y relacionarlo con el estado hídrico de las plantas o del sustrato. La ventaja del mismo es su simplicidad y economía.

Los objetivos de este trabajo son 1) conocer la influencia del tipo de contenedor en la velocidad y el patrón de desecación de los brinzales de *Pinus halepensis* y 2) establecer, en diferentes tipos de contenedores, las curvas que relacionan el porcentaje de pérdida de peso de las bandejas de cultivo con el potencial hídrico del cultivo. Con este segundo objetivo, pretendemos que los viveristas dispongan de una herramienta para decidir de un modo objetivo el momento de riego en los cultivos de *P. halepensis* por medio de simples pesadas de bandejas. Los contenedores estudiados han sido Forest Pot 200 y 400, Arnabat 48a y 48c, y Plasnor 200 y 300. Hemos elegido *P. halepensis* como especie de estudio ya que es una de las especies más cultivadas en los viveros forestales españoles.

MATERIAL Y MÉTODOS

La planta de *P. halepensis* fue cultivada en el Centro Nacional de Mejora Forestal "El Serranillo" (Guadalajara), empleándose semilla de la región de procedencia Maestrazgo-Los Serranos. El semillado se realizó el 13 marzo de 1997 en seis tipos de contenedor: Forest Pot 200 y 400, Arnabat 48a y 48c, y Plasnor 200 300.

Todos ellos son de plástico inyectado, excepto los Plasnor que son de tipo termoconformado. Las características físicas de estos envases y el volumen máximo de agua y la turba seca contenida en los mismos se recogen en la Tabla 1. El sustrato empleado fue turba rubia fertilizada y las bandejas fueron llenadas a mano procurando que la forma de llenado fuera la misma y la óptima según nuestra experiencia para todos los envases. En la Tabla 1 se da el peso seco de la turba empleada por bandeja. Las plantas recibieron una fertilización extra por fertirrigación de 45 mg N, 30 mg de P y 61,7 mg de K. Dicha fertilización se repartió a lo largo de 14 semanas, fertilizándose una vez por semana. Durante todo el cultivo las plantas se mantuvieron bien regadas.

En la tercera semana de enero de 1998, se eligieron al azar 4 bandejas de cada tipo de contenedor y fueron emplazadas en un invernadero donde permanecieron sin regar durante 30 días. Antes de comenzar este periodo sin riego, las bandejas se regaron en abundancia para conseguir la completa saturación del sustrato. Después de terminar su drenaje, se pesaron las bandejas para conocer su máximo peso en saturación. Cada 3 a 7 días se procedió a medir el Yalba y pesar las bandejas. Ψ_{alba} fue determinado con una cámara de Scholander. En cada fecha, se muestrearon las ramas laterales de 72 plantas (3 plantas por bandeja x 4 bandejas x 6 tipos de contenedores). Durante el periodo de desecación, la temperatura media del aire, la humedad relativa y la radiación fueron $8,4 \pm 0,4^{\circ}\text{C}$, $71,2 \pm 1,8$ y $486 \pm 56 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, respectivamente. Con los pesos de las bandejas se procedió a calcular, para cada tipo de contenedor, el porcentaje de pérdida de peso de las ban-

dejas con respecto a su máximo peso inicial como:

$$\left(\frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso en un momento dado}}{\text{Peso inicial}} \right) \times 100$$

Esta variable es fácil de medir por un vive-rista, pero no permite comparar la pérdida de agua entre envases. Para poder comparar la pérdida de agua de los distintos tipos de envases se optó por calcular el contenido relativo de agua (RWC), que sólo tiene en cuenta la cantidad de agua en los cepellones, eliminándose las diferencias de peso del contenedor, sustrato y de la planta. RWC se define como:

$$\left(\frac{\text{Peso fresco bandeja en un momento dado} - \text{Peso seco de la bandeja}}{\text{Peso fresco inicial bandejas} - \text{Peso seco de la bandeja}} \right) \times 100$$

El peso seco de la bandeja se determinó como la suma del peso del contenedor vacío, de la turba seca y el peso seco de la planta. Con la caída en el tiempo del peso de las bandejas se calculó las tasas de evapotranspiración por unidad de superficie de bandeja (T_s) y unidad de peso aéreo de las plantas (T_w), así como la evapotranspiración por planta (T_{planta}). Para ello se calculó la pendiente (mg día^{-1}) de la ecuación de la recta ajustada a la relación entre el peso de la bandeja y el tiempo. Esta pendiente fue relativizada en función de la superficie de las bandejas o la masa aérea media de las plantas crecidas en cada tipo de contenedor. La masa seca de la parte aérea de las plantas fue medida en 25 plantas obtenidas al azar en las 4 bandejas de cada tipo de envase.

Las diferencias entre los tipos de envases en los parámetros estudiados fueron analizadas por un ANOVA de una vía. La relación entre variables se determinó por medio de análisis de correlación y regresiones no lineales.

	Forest Pot 200	Forest Pot 400	Arnabat 48a	Arnabat 48c	Plasnor 200	Plasnor 300
Volumen (ml)	200	400	250	308	200	300
Altura (cm)	15	19	14	17.4	15	19
Número de alvéolos por bandeja	50	38	48	48	45	45
Tamaño bandeja (cm)	30 x 43	30 x 43	29,5 x 43	29,5 x 43	30 x 53	30 x 53
Peso bandeja (kg)	1,55	1,76	1,59	2,23	0,44	0,57
Peso turba seca (g)	806	1224	777	1077	810	1276

Tabla 1. Características de los envases utilizados, volumen de agua en saturación y cantidad de turba seca necesaria para rellenar una bandeja de cada tipo de contenedor

RESULTADOS

El tamaño de las plantas presentó diferencias entre envases ($F=11,67$ $p<0,001$) existiendo una relación positiva entre el tamaño de la parte aérea y el volumen del envase ($r=+0,85$ $p=0,031$). La tasa de evapotranspiración de las bandejas por unidad de superficie de bandeja (T_s) y la evapotranspiración por planta (T_{planta}) también difirieron entre los tipos de contenedores ($F=43,38$ $p<0,001$ y $F=93,0$ $p=0,001$). En ambos casos, las diferencias entre envases estuvieron correlacionadas positivamente con el volumen del contenedor (Figura 1). Los contenedores estudiados mostraron diferencias significativas en la tasa de evapotranspiración por unidad de peso aéreo de la planta (T_w) ($F=6,57$ $p<0,01$), pero estas diferencias no se relacionaron con el volumen del contenedor ($r=-0,44$ $p=0,39$).

Al final de los 30 días de desecación, el volumen de agua que aun quedaba en el sustrato para cada planta (V_{planta}) presentó diferencias significativas entre contenedores ($F=10,85$ $p<0,01$) estando dicha diferencia directamente relacionada con el volumen del envase (V_{planta} vs. volumen envase: $r=+0,93$ $p=0,007$, ver Figura 2a). El RWC al final del periodo de desecación fue claramente inferior en FP200 (14%) que en los restantes envases, los cuales no mostraron grandes diferencias, variando entre el 19% en Plasnor 300 y 22% en Arn 48^a ($F=3,90$ $p<0,05$). El potencial hídrico al final del periodo de desecación fue significativamente mayor en los envases de

mayor volumen que en los de menor volumen, registrándose una interrelación entre el Ψ_{alba} , el V_{planta} y el volumen del envase (Figura 2a). Las plantas con mejor estado hídrico fueron aquellas en las que la disponibilidad de agua era mayor al final de los 30 días de desecación, siendo esta disponibilidad más elevada en los envases de mayor volumen. El porcentaje de pérdida de peso de las bandejas con respecto a su máximo peso en saturación fue significativamente inferior en las dos bandejas Plasnor, con valores del 35%, mientras que en los restantes envases la pérdida fue superior al 40%, variando entre el 40,1% en FP200 y 46,7% en Arn 48c.

Para cada tipo de contenedor, el Ψ_{alba} tendió a estar negativamente relacionado con el tamaño de la parte aérea de las plantas (Figura 2), es decir, las bandejas con individuos mayores se desecan antes que aquellas en las que predominan individuos de menor tamaño. Sin embargo, al estudiar dicha relación entre contenedores, ésta fue positiva ($r=+0,94$ $p=0,005$).

Las curvas de desecación presentaron un patrón de variación similar en todos los envases. Inicialmente, grandes pérdidas de peso de las bandejas con respecto a su máximo en saturación no se tradujeron en variaciones significativas de Ψ_{alba} (Figura 3). En general, con pérdidas de peso de las bandejas inferiores al 30-35% el Ψ_{alba} se mantuvo $> -0,5$ MPa en FP200 y 400, y Arnabat 48a y 48c. Este valor fue mayor en los envases Plasnor, entre 40 y el 45%. A partir de un umbral, que difirió entre contenedores, el

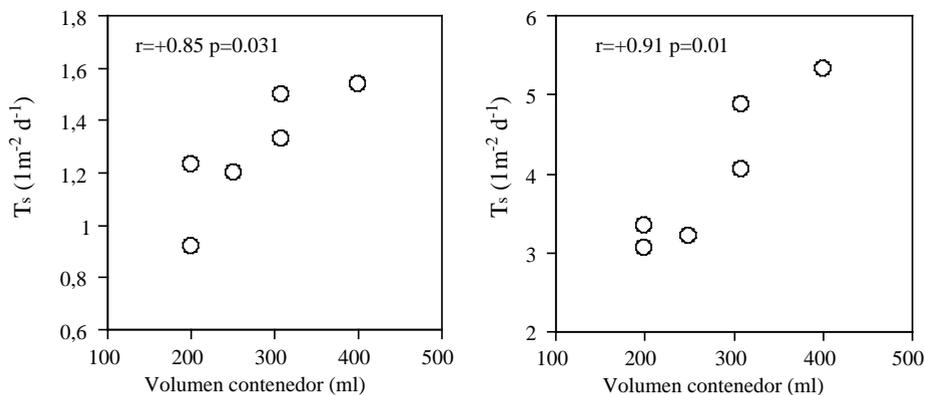


Figura 1. Relación entre la evapotranspiración por unidad de superficie (T_s) y la evapotranspiración por planta (T_p) y el volumen del contenedor en *P. halepensis*

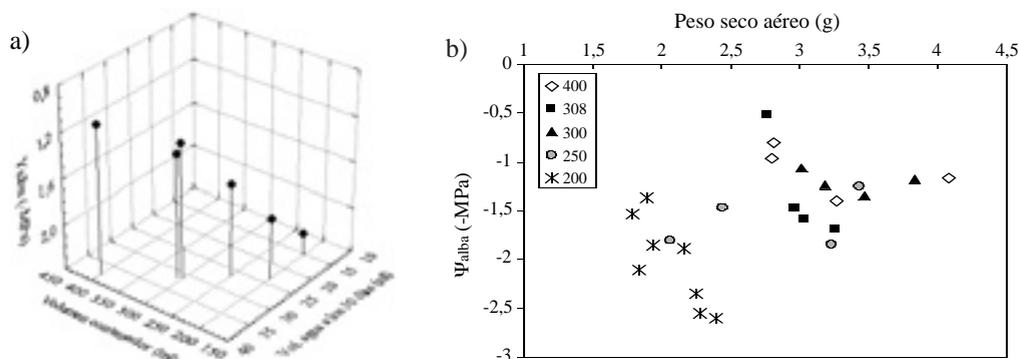


Figura 2. a) Interrelación entre el Ψ_{alba} de brinzales de *Pinus halepensis*, el volumen del agua remanente en el sustrato para cada planta después de 30 días sin riego y el volumen del contenedor. b) Relación entre Ψ_{alba} y el tamaño de la parte aérea de brinzales de *P. halepensis* cultivados en contenedores de diferente volumen

Ψ_{alba} experimentó una rápida reducción. Al comparar el porcentaje de pérdida de peso de las bandejas a un Ψ_{alba} de $-0,8$ MPa, que es el potencial hídrico a partir del cual se detiene el crecimiento radical en esta especie (LESHEM, 1970), los valores obtenidos varían entre el 41% en FP200 y el 60% en Plasnor 300.

DISCUSIÓN

La evapotranspiración fue mayor en los envases de mayor volumen que en los más pequeños. Ello fue debido a que las plantas cultivadas en los envases de mayor volumen eran más grandes, un resultado que coincide con trabajos previos en especies mediterráneas (DOMÍNGUEZ LERENA, 1997). La tasa de transpiración de las plantas (T_w) mostró diferencias entre contenedores. LAMHAMEDI et al. (1997) encontraron que brinzales de *Picea mariana* cultivadas en contenedores pequeños y medianos tenían mayor conductancia estomática que plantas cultivadas en contenedores grandes. Sin embargo, en *P. halepensis* no hemos encontrado ninguna relación entre T_w y el volumen del envase. A pesar de la mayor evapotranspiración observada en los contenedores de más grandes, las plantas crecidas en los mismos presentaron mejor estado hídrico al final de un ciclo de sequía que las cultivadas en los envases de menos volumen. Pensamos que dicho resultado es debido a la mayor reserva de agua remanente

en los contenedores grandes (Figura 1a), que permite a las plantas mantener un mejor estado hídrico durante más tiempo a pesar de tener una transpiración por individuo más elevada. Este resultado también permite entender por qué entre contenedores existe una relación positiva entre el estado hídrico de las plantas y el tamaño de la parte aérea e indica que en *P. halepensis* la mayor capacidad transpiracional de las plantas cultivadas en contenedores grandes no compensa el mayor volumen de agua disponible en estos tipos de contenedor. Sin embargo nuestro resultados contrasta con el observado en *Picea mariana* en donde bajo condiciones atmosféricas poco desecantes las plantas más grandes debido a su cultivo en contenedores de mayor volumen no presentaron diferencias de potencial hídrico con las plantas de tamaño medio y pequeño (STEWART & BERNIER, 1995). En cambio, como era de esperar, dentro de un mismo tipo de contenedor, las bandejas que tienen los individuos de mayor tamaño son las que se desecan más rápidamente.

Los resultados obtenidos tienen implicaciones para el aviveramiento ya que la elección de lotes de plantas cultivadas en envases de elevado volumen permite que el aviveramiento se pueda prolongar un poco más sin desecar las plantas. Igualmente, en el vivero es posible espaciar más el riego en el tiempo aunque las plantas crecidas en ellos transpiren más, con lo que es esperable que el lixiviado de nutrientes minerales del sustrato sea menor.

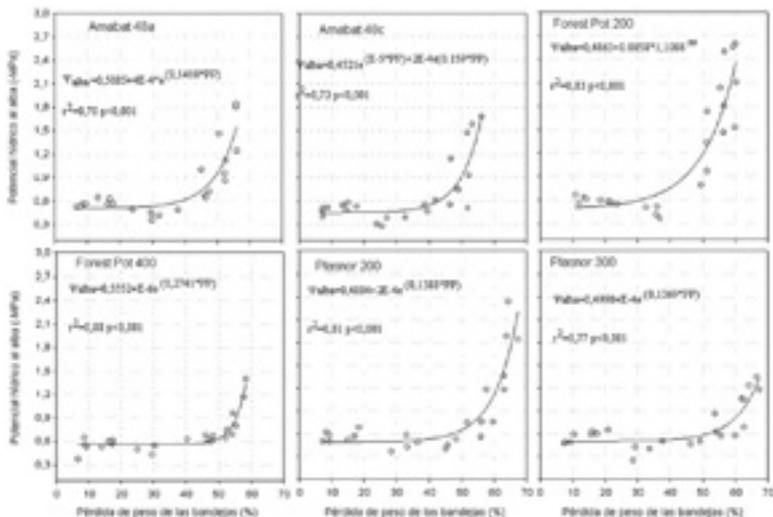


Figura 3. Relación entre el Ψ_{alba} de brinzales de *Pinus halepensis* y el porcentaje de pérdida de peso de los contenedores en los que fueron cultivados

Las curvas de desecación obtenidas en los distintos envases permiten establecer algunas pautas generales para el uso de la pesada de las bandejas como criterio de decisión del momento de riego para pino carrasco. En los envases de plástico inyectado las plantas mantienen un buen estado hídrico ($\Psi_{alba} > -0,5\text{MPa}$) siempre que las pérdidas de peso con respecto a su máximo en saturación sean inferiores al 30-35%. En el caso de los termoconformados (Plasnor) este valor asciende hasta el 40-45%, aproximadamente. Dichos valores son ligeramente superiores para los valores que se emplean con otros tipos de contenedores en ciertos viveros norteamericanos (LANDIS et al., 1989: 107). La diferencia en el porcentaje de pérdida de peso de las bandejas observada entre las dos clases de envases se puede atribuir a la distinta contribución del peso del agua al peso total de las bandejas.

CONCLUSIONES

1) La evapotranspiración en los cultivos de *P. halepensis* es directamente proporcional al volumen del envase utilizado. Ello es debido al mayor tamaño de las plantas cultivadas en los envases de mayor volumen.

- 2) A pesar de este patrón, las plantas de *P. halepensis* cultivadas en contenedores de mayor volumen presentan un mejor estado hídrico al final de un ciclo de sequía que los cultivados en envases de menor volumen. Ello es debido a que el agua remanente por planta es significativamente mayor en los envases más grandes, lo que permite mantener a las plantas mejor hidratadas durante más tiempo.
- 3) Si se emplean las mismas bandejas que las utilizadas en este estudio, se recomienda que para mantener los brinzales bien hidratados la pérdida de peso de las bandejas no debe exceder del 30-35% en el caso de los contenedores de plástico inyectado y del 40-45% en el caso de los termoconformados.

BIBLIOGRAFÍA

DOMÍNGUEZ LERENA, S.; HERRERO SIERRA, N.; CARRASCO MANZANO, L.; OCAÑA BUENO, L. Y PEÑUELAS RUBIRA, J.L.; 1997. Ensayo de diferentes tipos de contenedores para *Quercus ilex*, *Pinus halepensis*, *P. pinaster* y *P. pinea*: resultados de vivero. *En*: F. Puertas

- y M. Rivas (eds.), *Actas del I Congreso Forestal Hispano-Luso-Irati 97*, III: 189-194. Gráficas Pamplona. Pamplona.
- LAMBANI, G.; RENAUD, M. & BEAUCHESNE, M.; 1997. control of growing media water content and its effect on small seedlings grown in large containers. *Tree Planters Notes* 48: 48-54.
- LAMHANDI, M.S.; BERNIER, P.Y. & HÉBERT, C.; 1997. Effect of shoot size on the gas exchange and growth of containerized *Picea mariana* seedlings under different watering regimes. *New Forests* 13: 209-223.
- LANDIS, T.D.; TINUS, R.W.; MCDONALD, S.E. & BARNETT, J.P.; 1989. Seedling nutrition and irrigation. In: R.G. Nisley (ed.), *The container tree nursery manual* 4: 1-119. USDA Forest Service. Washington.
- LESHEM, B.; 1970. Resting roots of *Pinus halepensis* : structure, function, and reaction to water stress. *Bot. Gaz.* 131: 99-104.
- STEWART, J.D. & BERNIER, P.Y.; 1995. Gas exchange and water relations of 3 sizes of containerised *Picea mariana* seedlings subjected to atmospheric and edaphic water stress under controlled conditions. *Ann. Sci. For.* 52: 1-9.